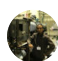
Analisis Karakteristik Biomassa Cangkang Kelapa Dan Kulit Mete Melalui Proses Torefaksi

Article *in* Enthalpy Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin · April 2022

DOI: 10.55679/enthalpy.v7i1.24559

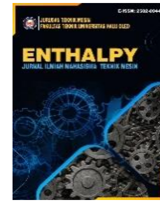






ENTHALPY: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin

Journal homepage: http://ojs.uho.ac.id/index.php/ENTHALPY



Analisis Karakteristik Biomassa Cangkang Kelapa dan Kulit Mete Melalui Proses Torefaksi

La ode Nurudin[1)], Lukas Kano mangalla[2)], La Ode Ahmad Barata[3)]
[1]Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo
[2'3] Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo
Jl. H.E.A. Mokodompit, Kampus Hijau BumiTridarmaAndounohu, Kendari 93232
Email: laodenurudin@gmail.com

Article Info

Available online Februari 24, 2022

Abstrak

Dalam menghadapi menipisnya bahan bakar fosil, maka dibutuhkan bahan bakar alternative seperti biomassa. Namun biomassa memiliki nilai kalor yang cukup rendah serta beberapa kelemahan lainnya dibanding minyak bumi. Karena itu diperlukan terobosan baru untuk memperbaiki kelemahan tersebut salah satunya adalah proses Torefaksi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh torefaksi biomassa cangkang kelapa dan kulit mete terhadap sifat fisik dan kimiawi bahan. Penelitian ini dilakukan menggunakan cangkang kelapa dan kulit mete. Hasil dari penelitian ini menunjukan bahwa nilai kalor pada cangkang kelapa dan kulit mete setelah torefaksi yaitu sebesar 5115,297-5147,021 cal/gr. Kadar air pada cangkang kelapa sebesar 2,718% dan nilai kadar air pada kulit mete sebesar 2,397%, kadar abu cangkang kelapa sebesar 6,853% dan nilai kadar abu kulit mete sebesar 6,600%,nilai kadar *volatil* cangkang kelapa sebesar 14,885% dan nilai kadar *volatil* kulit mete sebesar 14,557% dan nilai kadar *fixed carbon* cangkang kelapa yaitu 75,574% dan nilai kadar *fixsed karbon* kulit mete sebesar 76,447%.

Kata kunci:Biomassa, cangkang kelapa, kulit mete, torefaksi

Abstract

In the face of the depletion of fossil fuels, alternative fuels such as biomass are needed. However, biomass has a fairly low calorific value and several other disadvantages compared to petroleum. Therefore, a new breakthrough is needed to correct these weaknesses, one of which is the Torrefaction process. The purpose of this study was to determine the effect of torrefaction of coconut shell and cashew shell biomass on the physical and chemical properties of the material. This research was conducted using coconut shells and cashew shells. The results of this study indicate that the calorific value of coconut shells and cashew shells after torrefaction is 5115,297-5147,021 cal/gr. The water content in coconut shells is 2.718% and the value of water content in cashew shells is 2.397%, the ash content of coconut shells is 6.853% and the value of cashew shell ash content is 6.600%, the value of volatile levels of coconut shells is 14.885% and the value of volatile levels of cashew shells of 14.557% and the value of fixed carbon content of coconut shell is 75.574% and the value of fixed carbon content of cashew shell is 76.447%.

***Keywords**: Biomass, coconut shell, cashewnut shell, torrefaction*

1. Pendahuluan

Energi adalah hal yang sangat penting bagi keberlangsungan hidup manusia, dimana energy selalu digunakan setiap saat oleh manusia. Energi terdiri dari beberapa macam energi, yaitu energi listrik, energi panas, dan lain–lain. Minyak bumi, batu bara, ialah sumber energi yang dapat dimanfaatkan menjadi energi listrik dan energi panas. Penggunaan energi konvensional ini pun saat ini semakin menipis dan kebutuhan energi semakin meningkat. Di Indonesia sendiri cadangan energi semakin menipis, maka dari itu dibutuhkan energi alternatif lain [1].

Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk atau limbah [2]. Biomassa memiliki sifat yang dapat diperbaharui sehingga menjadi salah satu energi alternatif yang menarik dan dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan. Jenis biomassa dari sektor pertanian yang sangat potensial adalah biomassa limbah cangkang kelapa dan kulit mete yang perlu dimanfaatkan secara optimal sehingga nilai gunanya semakin meningkat [3].

Biomassa yang memiliki potensi besar di Indonesia, biomassa yang relatif mudah dijumpai ialah limbah cangkang kelapa dan kulit mete mengingat Indonesia memiliki area tanaman kelapa dengan luas mencapai 3.728.600 ha dan jambu mete mencapai luas 88,673 ha , di Provinsi sulawesi tenggara sendiri memiliki luas lahan kelapa mencapai 59.997,00 ha dan luas jambu mete mencapai 35,986 ha. Sehingga banyak nya limbah batok kelapa dan kulit mete yang sampai saat ini belum dimanfaatkan secara optimal sehingga limbah tersebut dapat menjadi bahan baku dalam pembuatan arang biomasa melalui proses torefaksi [4].

Biomassa yang berasal dari sampah/limbah hasil pertanian dan kehutanan merupakan bahan yang tidak berguna, tetapi dapat dimanfaatkan menjadi sumber energi atau bahan bakar alternatif, yaitu dengan mengubahnya menjadi bioarang yang memiliki nilai kalor lebih tinggi dari pada biomassa melalui proses torefaksi. Torefaksi merupakan proses secara thermal dalam keadaan oksigen terbatas (*inert*) pada kisaran suhu sekitar 200°C-300°C [5]. Bioarang yang dihasilkan tersebut dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif, yaitu pada skala rumah tangga ataupun industri [6].

0lehnya itu, pada penelitian ini penulis mencoba melakukan penelitian tentang analisa karakteristik biomassa cangkang kelapa dan kulit mete melalui proses torefaksi dengan tujuan untuk mengetahui proses torefaksi biomassa cangkang kelapa dan kulit mete sebagai energi alternatif, mengetahui sifat fisik cangkang kelapa dan kulit mete setelah proses torefaksi, dan mengetahui karakteristik biomassa cangkang kelapa dan kulit mete dari proses torefaksi.

Biomassa

Biomassa adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan semua bahan organik yang dihasilkan oleh proses fotosintesis, yang ada di permukaan bumi. Mencakup semua vegetasi air, tanah, pohon-pohon, dan semua limbah biomassa seperti limbah padat (MSW), biosolid kota (limbah), limbah hewan (pupuk), kehutanan, residu pertanian. Limbah pertanian biomassa merupakan sumber energi alternatif yang melimpah dengan kandungan energi yang relatif besar. Limbah pertanian tersebut dapat diolah menjadi suatu bahan bakar padat buatan yang luas penggunaanya sebagai bahan bakar alternatif yang disebut biobriket atau briket bioarang seperti tanaman gamal, cangkang kelapa dan kulit mete [7].

Tanaman gamal merupakan salah satu tanaman yang mempunyai potensi besar sebagai biomassa dan bahan bakar alternatif, namun masih banyak yang belum mengetahui dan mengembangkanya. tanaman ini sangat mudah untuk dikembang biakan di Indonesia karena sifatnya multiguna, beradaptasi pada berbagai jenis tanah dan iklim, dan mudah ditanam dengan stek batang [8].

Cangkang kelapa digunakan sebagai bahan dasar pembuatan arang biomasa, karena tempurung kelapa memiliki sifat difusi termal yang baik yang diakibatkan oleh tingginya kandungan selulosa dan lignin yang terdapat di dalam tempurung. Selain itu, keberadaan tempurung kelapa yang melimpah baik yang berasal dari limbah pertanian maupun yang berasal dari limbah rumah tangga dan industri yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Komposisi kimia tempurung kelapa terdiri atas selulosa 26,60 %, pentosan 27,70 %, lignin 29,40 % [9].

Sebanyak 30-35 % dari kulit ini mengandung minyak yang dikenal sebagai minyak kulit biji jambu mete (*Cashew Nut Shell Liquid/Cnsl*) dengan komposisi yang merupakan campuran-campuran asam anarkadat, kardol, dan kardanol. Kardanol ini memberikan pengaruh positif bagi pembakaran kulit mete ini [10]. Kulit mete ini memiliki nilai kalor cukup tinggi dari biomassa lainnya yakni mencapai 6148 kal/gram. Nilai kalor ini setara dengan nilai kalor batubara yang berkisar dari 6000-6500 cal/g [11].

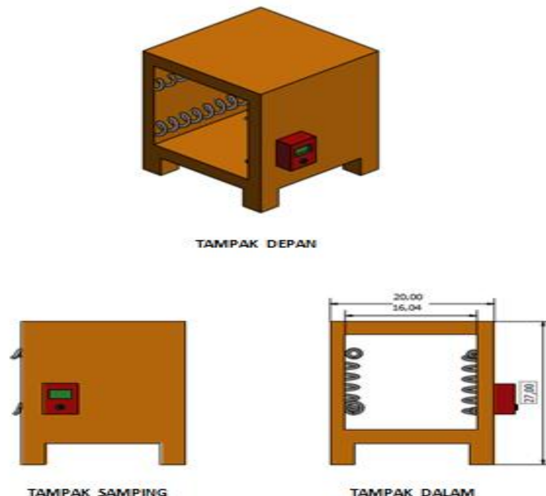
Torefaksi

Torefaksi adalah proses perlakuan termokimia terhadap biomassa pada kisaran suhu 200-300°C, dalam kondisi anaerob dan laju pemanasan rendah atau waktu tinggal cukup lama, sekitar 60 menit hingga 2 jam. Selain meningkatkan nilai kalor, torefaksi juga meningkatkan sifat hidrofobisitas bahan bakar, mengurangi konsumsi energi penggilingan, dan

dapat mencegah degradasi oleh jamur dan mikroba selama proses penyimpanan dan transportasi [12].

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini digunakan instalasi alat torefaksi dan dilakukan penelitian menggunakan metode eksperimental dengan melakukan analisis prokximate dan nilai kalor.



Gambar 1. Spesifikasi alat torefaksi

Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu timbangan *digital termocople, thermostar*, *stopwatch*, *blender*, kawat koil (kawat listrik), alat torefaksi (batu merah). Bahan yang digunakan yaitu cangkang kelapa, kulit mete, dan tanah liat.

Prosedur Penelitian

Adapun prosedur kerja pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Tahapan pembuatan tungku torefaksi
   Alat torefaksi yang digunakan adalah buatan sendiri yang terbuat dari batu merah dengan panjang 20 cm, lebar 10 cm dan tebal 5 cm. Pada bagian batu merah ini dilubangi untuk tempat kawat koil listrik yang berfungsi untuk memanaskan cangkang kelapa dan kulit mete selama kurung waktu 35-60 menit dalam setiap perlakuan dengan suhu 200°C, 250°C, 300°C.
2. Tahapan persiapan bahan:
   a. Semua bahan baku cangkang kelapa dan mete terlebih dahulu disiapkan dan dikeringkan agar kadar air yang terkandung dalam bahan baku berkurang. Pengeringan dilakukan dengan cara alami yaitu mengeringkannya di bawah sinar matahari.
   b. Setelah cangkang kelapa dan mete dikeringkan dilanjutkan pencacahan dengan ukuran ±2-4 cm bertujuan untuk menjadikan ukuran butiran bahan baku menjadi lebih kecil sehingga memudahkan dalam pembuatan arang selanjutnya.
3. Tahapan proses torefaksi :
   a. Peralatan disiapkan sesuai dengan instalasi yang telah dirancang.
   b. Timbang berat cangkang kelapa dan kulit mete yang telah dikeringkan dan masukkan ke dalam tungku torefaksi.
   c. Tutup tungku torefaksi.
   d. Nyalakan kawat koil hingga menghasilkan pemanasan.
   e. Nyalakan stop kontak dan atur *termokopel* sesuai dengan suhu yang diinginkan.
   f. Mulai dilakukan pengukuran waktu menggunakan *stopwatch.* Proses torefaksi dimulai.
   g. Setelah waktu yang ditetapkan tercapai, matikan *thermostar.*
   h. Buka penutup tungku torefaksi dan ambil sampel cangkang kelapa dan kulit mete.
   i. Dari hasil pembakaran tersebut akan dilakukan analisis proximate dan nilai kalor.

3. Hasil dan Pembahasan

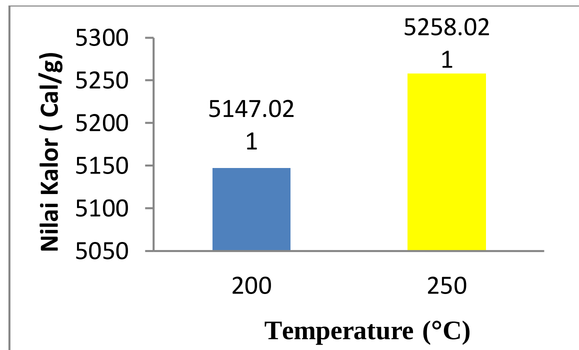
Untuk menghitung nilai kalor hasil terofaksi maka dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. Hasil analisis bahan baku torefaksi cangkang kelapa dan kulit mete.

Para meter	C. Kelapa (200°C) 35 menit	C. Kelapa (250°C) 45 menit	Metode Analisis
Fixed Cabon	-	75,57	Gravimetri
Volatil	-	14,85	Gravimetri
Air	-	2,71	Gravimetri
Abu	-	6,85	Gravimetri
Nilai kalor (Cal/g)	5147,02	5258,79	DSC
Para meter	**K. Mete (250°C) 45 menit**	**C. Kelapa (300°C) 60 menit**	**Metode Analisis**
Fixed carbon	76,44	-	Gravimetri
Volatil	14,55	-	Gravimetri
Air	2,39	-	Gravimetri
Abu	6,60	-	Gravimetri
Nilai Kalor (Cal/g)	5080,01	5115,29	DSC

Nilai Kalor Versi Temperature Cangkang Kelapa

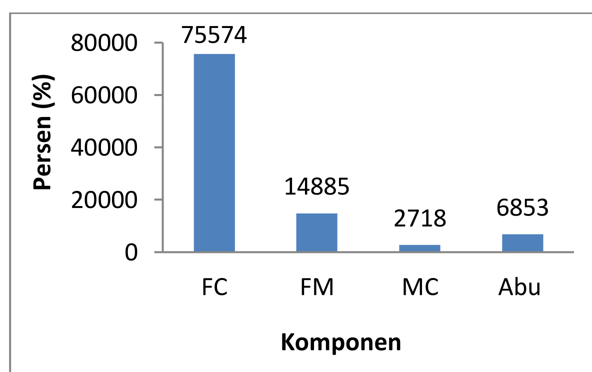
Pengujian nilai kalor dilakukan dengan alat *deferensial scanning calorymetry* yang tujuanya adalah untuk mengetahui nilai panas yang dihasilkan oleh tempurung kelapa dengan fariasi temperature.



Gambar 1. Pengaruh temperature terhadap nilai kalor cangkang kelapa

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi panas yang dihasilkan dari suatu bahan bakar. Berdasarkan grafik diatas, maka dapat dilihat hasil analisis nilai kalor pada *temperature* 200^{0}C menghasilkan nilai kalor 5147,02 cal/g sedangkan pada suhu 250^{0}C menghasikan 5258,7945 cal/g. Semakin tinggi suhu yang digunakan pada saat torefaksi maka nilai kalor yang dihasilkan lebih tinggi begitupun sebalikanya semakin rendah suhu yang digunakan pada saat torefaksi maka nilai kalor yang dihasilkan semakin rendah.

Analisis Proximate Cangkang Kelapa (Fc, Fm, Mc, Abu) Pada Temperature = 250^{0}C



Gambar. 2 Analisis *proximate* cangkang kelapa

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa hasil analisis *proximate* cangkang kelapa mengalami proses naik turun sehingga dapat menghasilkan nilai *fixed karbon* sebesar 75,574 %, *volatil matter* 14,854 %, kadar air 2,718 % dan kadar abu 6,853 %.

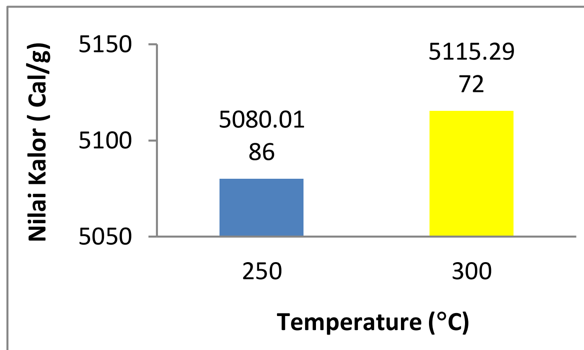
Karbon terikat atau *fixed karbon* (fc) adalah dengan menghitung fraksi karbon dalam arang, tidak termasuk zat menguap dan abu, Kadar karbon mempengaruhi tingginya nilai kalor arang, dari gambar 2 menunjukkan bahwa pada suhu 250^{0}C dimana kadar karbon tempurung kelapa cukup besar sehingga kadar karbon arang juga tinggi, hal ini disebabkan karena tempurung kelapa dengan mudah bereaksi dengan oksigen membentuk gas dan kalor saat proses torefaksi.

Kadar zat terbang atau *volatile matter* (fm) adalah zat yang dapat menguap sebagai hasil karbonisasi senyawa-senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air, karbon bertambat dan abu. Semakin tinggi suhu torefaksi, kadar zat terbang yang dihasilkan semakin rendah. Dari gambar 2 menunjukkan bahwa pada suhu 250^{0}C dimana *volatile matter* tempurung kelapa cukup rendah, dimana tinggi rendahnya *volatile matter* banyakdipengaruhi oleh tidak optimalnya proses tinggi rendahnya *volatile matter* banyak dipengaruhi oleh tidak optimalnya proses torefaksi. Semakin besar suhu dan waktu dalam proses torefaksi maka semakin banyak *volatile matter* yang terbuang sehingga pada saat pengujian kadar *volatile matter* akan diperoleh kadar *volatile matter* yang rendah. Tinggi rendahnya kadar zat terbang juga mempengaruhi arang mudah terbakar atau tidak.

Kadar air (*moisture control*, mc) adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam arang setelah ditorefaksi. Kadar air sangat mempengaruhi nilai kalor atau panas. Tingginya kadar air akan menyebabkan penurunan nilai kalor. Dari gambar 2 menunjukkan bahwa pada suhu 250^{0}c dimana kadar air tempurung kelapa cukup rendah. Hal ini disebabkan karena arang tempurung kelapa memiliki porositas yang lebih redah. Dengan meningkatnya komposisi tempurung kelapa akan menurunkan kadar air arang proses torefaksi yang disebabkan karena adanya pengaruh Kadar air pada jenis bahan baku yang digunakan pada proses torefaksi.

Kadar abu merupakan sisa proses pembakaran yang sudah tidak memiliki nilai kalor atau tidak memiliki unsur karbon lagi Salah satu unsur penyusun abu adalah silica. Semakin tinggi kadar silica maka semakin besar kadar abu yang dihasilkan begitupun sebaliknya. Dari gambar 2 menunjukkan bahwa pada suhu 250^{0}C dimana kadar abu tempurung kelapa cukup rendah. Hal ini dipengaruhi oleh adanya peningkatan komposisi tempurung kelapa, dimana semakin besar

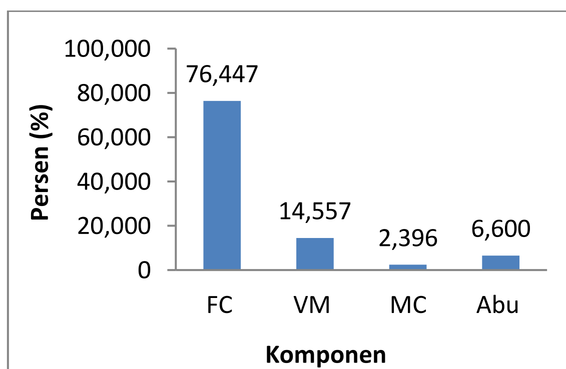
komposisi tempurung kelapa maka kadar abu semakin kecil.



Gambar 3. Pengaruh temperature terhadap nilai kalor kulit mete

Nilai kalor merupakan ukuran panas atau energi panas yang dihasilkan dari suatu bahan bakar. Berdasarkan grafik diatas, maka dapat dilihat hasil analisis nilai kalor pada temperature 250^{0}C menghasilkan nilai kalor 5080,01 cal/g sedangkan pada suhu 300^{0}C menghasikan 5115,29 cal/g. Semakin tinggi suhu yang digunakan pada saat torefaksi maka nilai kalor yang dihasilkan lebihtinggi begitupun sebalikanya semakin rendah suhu yang digunakan pada saat torefaksi maka nilai kalor yang dihasilkan semakin rendah.

Analisis Proximate Kulit Mete (Fc, Vm, Mc, Abu) Pada Temperature = 250^{0}C

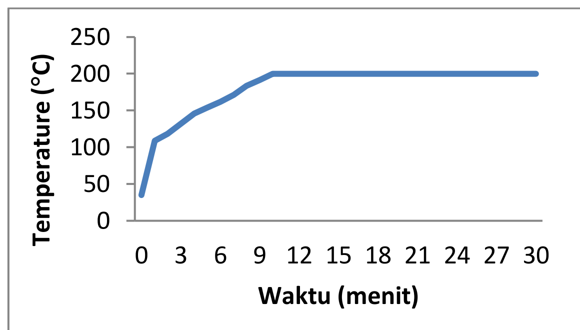


Gambar 4. Analisis *proximate* kulit mete

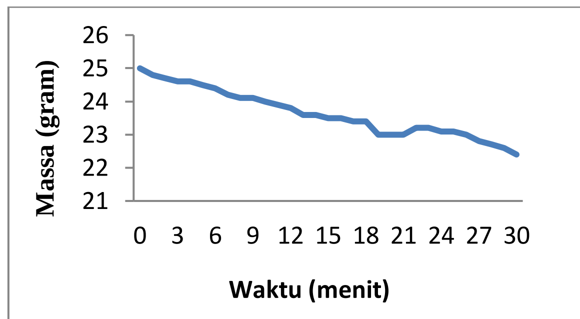
Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa hasil analisa *proximate* kulit mete mengalami proses naik turun sehingga dapat menghasilkan nilai pada *fixed karbon* 76,44 %, *volatil matter* 14,55%, kadar air 2,39% dan kada rabu 6,60 %. Karbon terikat atau *fixed karbon* (fc) adalah dengan menghitung fraksi karbon dalam arang, tidak termasuk zat menguap dan abu, kadar karbon mempengaruhi tingginya nilai kalor arang, dari Gambar 4 menunjukkan bahwa pada suhu 250^{0}C dimana kadar karbon kulit mete cukup besar sehingga kadar karbon arang juga tinggi, hal ini disebabkan karena kulit mete dengan mudah bereaksi dengan oksigen membentuk gas dan kalorsaat proses torefaksi.

Kadar zat terbang *volatile matter* (fm) adalah zat yang dapat menguap sebagai hasil karbonisasi senyawa-senyawa yang masih terdapat di dalam arang selain air, karbon tertambat dan abu. Semakin tinggi suhu torefaksi, kadar zat terbang yang dihasilkan semakin rendah. Dari gambar 4 menunjukkan bahwa pada suhu 250^{0}C dimana *volatile matter* kulit mete cukup rendah, dimana tinggi rendahnya *volatile matter* banyak dipengaruhi oleh tidak optimalnya proses tinggi rendahnya *volatile matter* banyak dipengaruhi oleh tidak optimalnya proses torefaksi. Semakin besar suhu dan waktu dalam proses torefaksi maka semakin banyak *volatile matter* yang terbuang sehingga pada saat pengujian kadar *volatile matter* akan diperoleh kadar *volatile matter* yang rendah. Tinggi rendahnya kadar zat terbang juga mempengaruhi arang mudah terbakar atau tidak. Kadar air (*moisture control*, mc) adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam arang setelah di torefaksi. Kadar air sangat mempengaruhi nilai kalor atau panas. Tingginya kadar air akan menyebabkan penurunan nilai kalor. Dari gambar 4 menunjukkan bahwa pada suhu 250^{0}C dimana kadar air tempurung kelapa cukup rendah. Hal ini disebabkan karena arang tempurung kelapa memiliki porositas yang lebih rendah. Meningkatnya komposisi kulit mete akan menurunkan kadar air arang, proses torefaksi yang disebabkan karena adanya pengaruh kadar air pada jenis bahan baku yang digunakan pada proses torefaksi.

Kadar abu merupakan sisa proses pembakaran yang sudah tidak memiliki nilai kalor atau tidakmemiliki unsur karbon lagi salah satu unsur penyusun abu adalah silica Wijayanti (2009), semakin tinggi kadar silica maka semakin besar kadar abu yang dihasilkan begitupun sebaliknya. Dari gambar 4 menunjukkan bahwa pada suhu 250^{0}C dimana kadar abu kulit mete cukup rendah. Hal ini dipengaruhi oleh adanya peningkatan komposisikulit mete, dimana semakin besar komposisi kulit mete maka kadar abu semakin kecil, Erna Frida (2018).

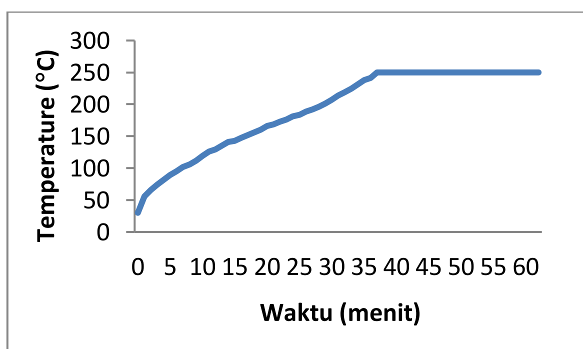


Gambar 5. Temperature versi waktu cangkang pada temperature 200 ^{0}C

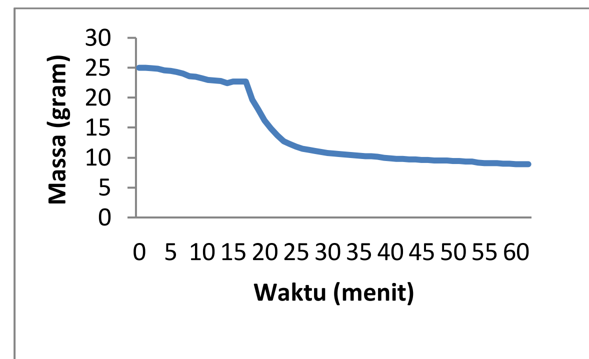


Gambar 6. Massa versi waktu cangkang kelapa pada temperature 200^{0}C

Berdasarkan gambar 5 dan 6 menunjukan bahwa temperature meningkat seiring dengan proses torefaksi pada setiap waktu yang digunakan, temperatur 200^{0}C dengan lama torefaksi 20 menit terjadi peningkatan, kondisi ini disebabkan oleh adanya kandungan hemiselulosa pada cangkang kelapa sehingga temperatur yang dihasilkan meningkat. Pada gambar 6 mengalami penurunan massa dari waktu 19 sampai 30 menit,pada temperatur 200^{0}C lama torefaksi 20 menit dengan massa yang dihasilkan sebesar 22,4 gram/menit. Pada tambahan waktu, massa yang dihasilkan menurun seiring lama waktu yang digunakan, hal ini dipengaruhi oleh terbukanya pori-pori pada biomasa cangkang kelapa sehingga semakin besar pori-pori biomasa terbuka maka massa akan hilang.

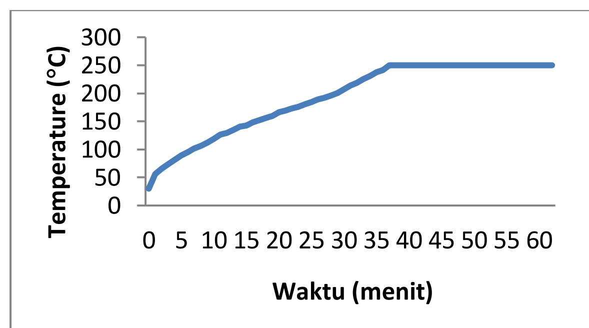


Gambar 7. Temperature versi waktu cangkang kelapa pada temperature 250 ^{0}C

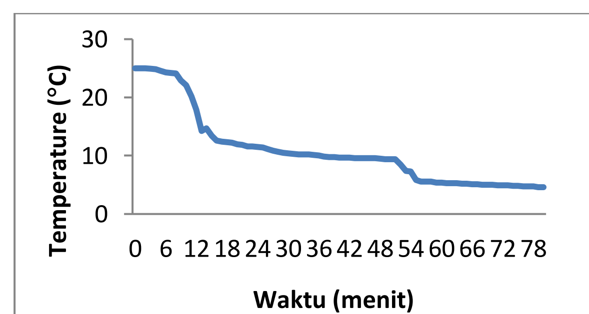


Gambar 8. Massa versi waktu cangkang kelapa pada temperature 250^{0}C

Berdasarkan gambar 7 dan 8 diatas menunjukkan bahwa temperature meningkat seiring dengan proses torefaksi pada setiap waktu yang digunakan, temperature 250^{0}C dengan lama torefaksi 25 menit terjadi peningkatan, kondisi ini disebabkan oleh adanya kandungan hemiselulosa pada cangkang kelapa sehingga temperatur yang dihasilkan meningkat. Pada gambar 8 mengalami penurunan massa dari waktu 18 sampai 60 menit, pada temperatur 250^{0}C lama torefaksi 60 menit dengan massa yang dihasilkan sebesar 8,9 gram/menit. Pada tambahan waktu, massa yang dihasilkan menurun seiring lama waktu yang digunakan, hal ini dipengaruhi oleh terbukanya pori-pori pada biomasa cangkang kelapa sehingga semakin besar pori-pori biomasa terbuka maka massa akan hilang.

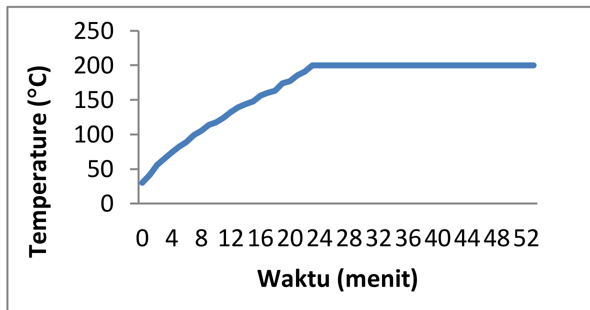


Gambar 9.Temperature versi waktu cangkang kelapa pada temperature 300 ^{0}C

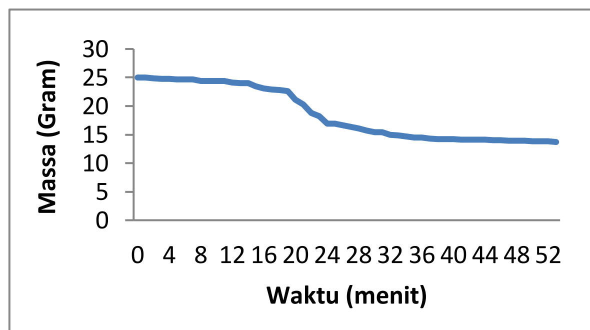


Gambar 10. Massa versi waktu cangkang kelapa pada temperature 300 ^{0}C

Berdasarkan gambar 9 dan 10 menunjukan bahwa temperature meningkat seiring dengan proses torefaksi pada setiap waktu yang digunakan, temperature 300 ^{0}C dengan lama torefaksi 30 menit terjadi peningkatan, kondisi ini disebabkan oleh adanya kandungan hemiselulosa pada cangkang kelapa sehingga temperature yang dihasilkan meningkat. Pada grafik kedua mengalami penurunan massa dari waktu 12 sampai 78 menit, pada temperature 300 ^{0}C lama torefaksi 60 menit dengan massa yang dihasilkan sebesar4,6 gram/menit. Pada tambahan waktu, massa yang dihasilkan menurun seiring lama waktu yang digunakan, hal ini dipengaruhi oleh terbukanya pori-pori pada biomasa cangkang kelapa sehingga semakin besar pori-pori biomasa terbuka maka massa akan hilang.

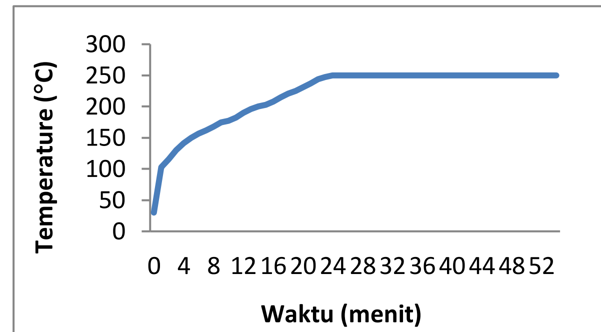


Gambar 11.Temperatur versi waktu kulit mete pada temperature 200 ^{0}C

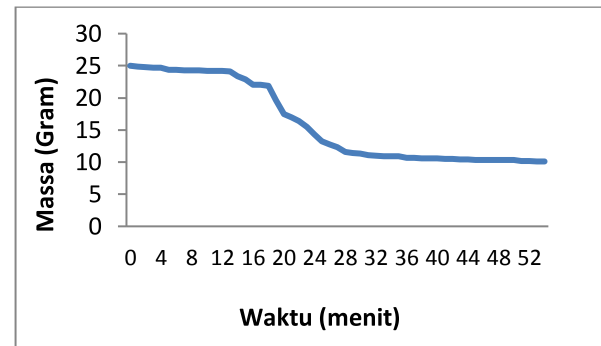


Gambar 12. Massa versi waktu kulit mete pada temperature 200 ^{0}C

Berdasarkan gambar 11 da 12 menunjukan bahwa temperature meningkat seiring dengan proses torefaksi pada setiapwaktu yang digunakan, temperature 200 ^{0}C dengan lama torefaksi 20 menit terjadi peningkatan, kondisi ini disebabkan oleh adanya kandungan hemiselulosa pada kulit mete sehingga temperatur yang dihasilkan meningkat. Pada gambar 12 mengalami penurunan massa dari waktu 18 sampai 52 menit, pada temperature 200 ^{0}C lama torefaksi 60 menitdengan massa yang dihasilkan sebesar13,7 gram/menit. Pada tambahan waktu, massa yang dihasilkan menurun seiring lama waktu yang digunakan, hal ini dipengaruhi oleh terbukanya pori-pori, dan adanya senyawa lignin sehingga temperatur yang tinggi dapat menghasilkan massa lebih rendah.

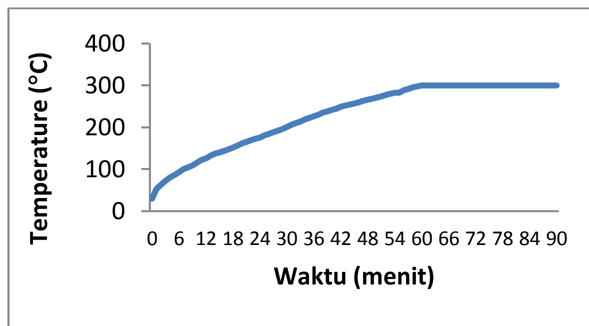


Gambar 13. Temperature versi waktu kulit mete pada temperature 250 ^{0}C

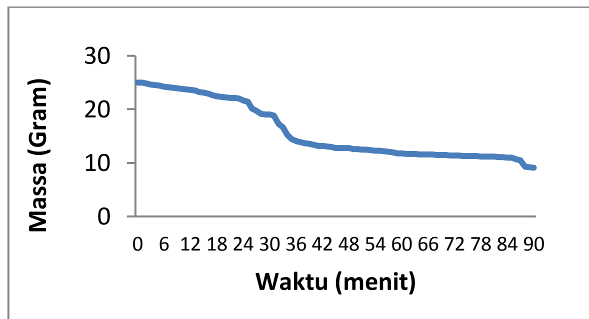


Gamabar 14. Temperature versi waktu kulit mete temperature 250 ^{0}C

Berdasarkan gambar 13 dan 14 menunjukan bahwa temperature meningkat seiring dengan proses torefaksi pada setiap waktu yang digunakan, temperature 250 ^{0}C dengan lama torefaksi 25 menit terjadi peningkatan, kondisi ini disebabkan oleh adanya kandungan hemiselulosa pada kulit mete sehingga temperatur yang dihasilkan meningkat. Pada gambar 14 mengalami penurunan massa dari waktu 14 sampai 52 menit, pada temperatur 200 ^{0}C lama torefaksi 52 menit dengan massa yang dihasilkan sebesar 10,1 gram/menit. Pada tambahan waktu, massa yang dihasilkan menurun seiring lama waktu yang digunakan, hal ini dipengaruhi oleh terbukanya pori-pori, dan adanya senyawa lignin sehingga temperatur yang tinggi dapat menghasilkan massa lebih rendah.



Gambar 15. Temperature versi waktu kulit mete pada temperature 300 ^{0}C



Gambar 16. Temperature versi waktu kulit mete pada temperature 300 ^{0}C

Berdasarkan gambar 15 da 16 menunjukan bahwa temperature meningkang seiring dengan proses torefaksi pada setiap waktu yang digunakan, temperatur 300 ^{0}C dengan lama torefaksi 30 menit terjadi peningkatan, kondisi ini disebabkan oleh adanya kandungan hemiselulosa pada kulit mete sehingga temperatur yang dihasilkan meningkat. Pada grafik kedua mengalami penurunan massa dari waktu 24 sampai 84 menit, pada temperatur 300 ^{0}C lama torefaksi 84 menit dengan massa yang dihasilkan sebesar 9,1 gram/menit. Pada tambahan waktu, massa yang dihasilkan menurun seiring lama waktu yang digunakan, hal ini dipengaruhi oleh terbukanya pori-pori, dan adanya senyawa lignin sehingga temperatur yang tinggi dapat menghasilkan massa lebih rendah.

4. Kesimpulan

Cangkang kelapa dan kulit mete sebagai limbah yang dapat dimanfatkan sebagai biomasa melalui proses torefaksi. Peningkatan suhu dan waktu torefaksi berpengaruh terhadap meningkatnya nilai kalor bahan bakar padat yang dihasilkan. Nilai kalor pada cangkang kelapa dan kulit mete setelah torefaksi dari penelitian ini adalah 5115,297 – 5147,021 cal/g. Nilai kalor tertinggi diperoleh pada cangkang kelapa dengan suhu 250 °C dan waktu torefaksi 45 menit. Kadar air pada cangkang kelapa yaitu 2,718 % dan kadar air pada kulit mete sebesar 2,397 %, kadar abu cangkang kelapa yaitu 6,853% sedangkan nilai kadar abu kulit mete yaitu 6,600 %, kadar *volatile* cangkang kelapa yaitu 14,885 sedangkan kadar *volatil* kulit mete yaitu 14,557 % dan kadar *fixed carbon* cangkang kelapa yaitu 75,574 % sedangkan kadar *fixsed karbon* yaitu 76,447 %.

Saran

Saran yang dapat penulis berikan dalam penyusunan hasil penelitian ini adalah perlu di lanjutkan uji lanjut pada biomasa cangkang kelapa dan kulit mete menjadi arang melalui proses torefaksi.

Daftar Pustaka

[1] Purnawarman, Nurchayati dan Yesung allo padang. 2015. Pengaruh komposisi briket biomassa kulit kacang tanah dan arang tongkol jagung terhadap karakteristik briket. Jural teknik mesin. 5(2) 18-22.

[2] Suganal, S. dan Hudaya, G. K. 2019. Bahan bakar *co-firing* dari Batubara dan biomassa torefaksi dalam bentuk briket (skala laboratorium). Jurnal teknologi mineral dan batubara 15(1): 31–48.

[3] Adrian A, Sulaeman R. Dan Oktorini Y. 2015. Karakteristik wood pellet dari limbah kayu karet (*hevea brasil liensismuell. Arg*) sebagai alternativ sumber anergi terbarukan. Jurnal fakultas pertanian 2(2): 1–6.

[4] Statistik perkebunan indonesia.2018. Statistik perkebunan indonesia *tree crop estate* statistic of indonesia. Direktorat jenderal perkebunan. 41 halaman. [5] Setyawati, A. A. (2009). *Kimia Untuk Kelas X SMA/MA.* Jakarta: PT. Cempaka Putih.

[5] Azhar dan rustamji h.2009. Bahan bakar padat dari biomassa jambu dengan proses torefaksi dab densifikasi. Jurnal rekayasa proses. 3(2): 3-7.

[6] Acharjee t, Coronella c.j. Dan Vasquez v. r.-.2011. effect of thermal pretreatment *on equilibrium moisture content of Lignocellulosic biomass. Bioresour technol.* 3 (6) 49–54.

[7] Ahmad Barata L. 2016. Studi Karakteristik Biomassa Batang Pohon Gamal (*Gliricidia Sepium*). Jurnal Fokus Elektroda Jurnal Fokus Elektroda: Energi Listrik, Telekomunikasi, Komputer, Elektronika dan Kendari. 6(2) 109-115

[8] Delly, J dan Saputra, N. 2014. Proses pembuatan briket berbasis kulit singkong dan kajian eksperimen parametris pengaruh bahan perekatnya terhadap nilai kalor dan laju embakaran. Jurnal ilmiah teknik mesin. 6(1) 4-7.

[9] Hendra dan Darmawan, 2000, pembuatan briket arang dari serbuk gergajian kayu dengan penambahan tempurung kelapa. Jurnal penelitian hasil hutan.18 (1): 12-16.

[10] Mohan D., Pittman J., Charles U. Dan steele, P.H. 2006. *Pyrolysis of wood*/biomassa for bio-oil: a *critical review*. Energy fuels. 20(3):848–889.

[11] Prwi, V. D. Dan mukhaiminI.2021. Pengaruh suhu dan Jenis perekat terhadap kualitas biobriket dari ampas kopi dengan metode torefaksi. *Cheesa: chemical engineering research articles*. *4*(1), 39-50.

[12] Oskar, Inong, dan Andi Erwin E.2019. Pengujian viskositas minyak limbah biji jambu mete hasil pirolisis 21(3): 167-172.